المجلة العراقية للعلوم الإحصائية (25) 2013
عدد خاص بوقائع المؤتمر العلمي السادس لكلية علوم الحاسوب والرياضيات
ص ص[369-385]

استخدام خوارزمية أمثَلَة سرب الطيور لحل مسائل جدول الانتاج الرئيس متعدد الاهداف مع التطبيق

د. بان احمد حسن متراس* جلال عبد الكريم سلطان**

المستخلص :

يهدف هذا البحث الى استخدام خوارزمية أمثَلَة سرب الطيور لحل مسائل جدول الانتاج الرئيس متعدد الاهداف والتي تعد من المسائل الصعبة، بالإضافة الى تطبيق جدول الإنتاج الرئيس على الشركة العامة للسمنت الشمالية بمعاملها الخمسة، إذ تضمن التطبيق تحديد الطاقة المتاحة لكل معمل عن طريق حساب الإتاحية فضلاً عن تحديد الاحتياجات الإجمالية بوساطة التنبؤ بالطلب باستخدام الشبكات العصبية، وقد أثبتت خوارزمية أمثَلَة سرب الطيور كفاءتها في حل مسألة جدول الإنتاج الرئيس مقارنة بالخوارزمية الجينية، إذ أظهرت النتائج تفوقها على الخوارزمية الجينية بصورةو اضحة وفي الاهداف جميعها. وقد تمت كتابة البرامج الخاصة بالبحث باستخدام البيئة البرمجية *Matlab R2012a*.

Using Particle Swarm Optimization to Solving Multi-Objective Master Production Schedule with Application

Abstract

This paper aims to use Particle Swarm Optimization (PSO) to solve multi-objective master production schedule problems, which is one of the NP-Hard problems, in addition to apply the MPS in the Northern General Company for Cement with his five plants. The application involves determination of the available energy of each plant by calculating the availability,

*أستاذ / قسم بحوث العمليات والتقنيات الذكائية / كلية علوم الحاسوب والرياضيات / جامعة الموصل

**باحث / قسم بحوث العمليات والتقنيات الذكائية / كلية علوم الحاسوب والرياضيات / جامعة الموصل

تاريخ استلام البحث 2013/10/8 ــــــــــــــــــــــ **تأريخ القبول** 2013/11/21

in addition to the determine the overall requirements by demand forecasting using neural networks. The PSO proved its efficiency in solving MPS problem compared with the genetic algorithm, as the results clearly showed the superiority of the PSO on genetic algorithm in all targets. and we write the programs using (Matlab R2012a) language for this purpose.

1. المقدمة *Introduction*

تمثل الخوارزميات التطورية *EA* خوارزميات حاسوبية مقترحة مستوحاة من الطبيعة، إذ تقوم هذه الخوارزميات بإنشاء مجتمع من الحلول العشوائية ثم تطويره ولهذا سميت بالتطورية. وتمتلك هذه الخوارزميات العديد من التطبيقات لحل المسائل المركبة والمعقدة في العديد من التخصصات المختلفة في العالم، ومن هذه الخوارزميات الخوارزمية الجينية *Genetic Algorithm(GA)* التي تم اقتراحها من قِبَل *John Holand* في عام 1975 والمستوحاة من الطبيعة الجينية المختلفة والانتقاء الطبيعي، وخوارزمية أمثَلَة سرب الطيور *Particle Swarm Optimization (PSO)* المقترحة من قِبَل *Edward and Kennedy* في عام 1995 والمستوحاة من السلوك الاجتماعي للحيوانات مثل سرب الطيور أو مجاميع الاسماك [7].

وبشكل عام فإن المنافع الأساسية للخوارزميات التطورية تتمثل في عدم الحاجة إلى دالة هدف قابلة للاشتقاق أو مستمرة، عدم الحاجة إلى حساب التدرج المترافق *Conjugate Gradient*، إمكانية الهروب من النقاط المحلية الصغرى *Local Minimum* [6].

تعد مسائل جدولة الإنتاج الرئيسة متعددة الاهداف من المسائل الصعبة *NP-hard*، ولهذا لا توجد خوارزمية تستطيع إيجاد الحل الأمثل لهذه المسألة، وعملياً يعني هذا أن وقت المعالجة المطلوب لحل هذه المسألة ينمو بسرعة هائلة مع نمو حجم المسألة، كما أن إيجاد الحل الامثل يعد من الامور الصعبة للغاية، ولهذا يتم استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي كالخوارزمية الجينية *GA*و خوارزمية محاكاة التلدين *SA* للحصول على الحل الامثل [8] [9].

تعتمد الدراسات الحديثة على التوليف أو التداخل بين الاتجاهات المختلفة للعلوم، فالتداخل بوسعه أن يستفيد من المزايا المتعددة لهذه العلوم وتوظيفها في اتجاه خدمة المجالات الاخرى، كذلك الابتعاد أو محاولة تجاوز العيوب الموجودة في بعض الطرائق من خلال استخدام الحلول المتوفرة في الاتجاه الموظف فيه.

وعلى هذا الاساس اعتمد هذا البحث على توظيف مزايا الخوارزميات التطورية متمثلة بخوارزمية أمثَلَة سرب الطيور في حل مسألة جدول الإنتاج الرئيس *MPS*،و إيجاد الحل الأمثل الذي يحقق جملة من الاهداف كتقليل مستوى الخزين النهائي وتعظيم استخدام الموارد وتقليل معدل الكمية تحت مستوى الأمان فضلاً عن تقليل الوقت الإضافي، فضلاً عن تطبيق نموذج جدول الإنتاج الرئيس *MPS* على الشركة العامة للسمنت الشمالية بمعاملها الخمسة.

2. خوارزمية أمثَلَة سرب الطيور *Particle Swarm Optimization (PSO)*

إن خوارزمية أمثَلَة سرب الطيور *PSO* هي خوارزمية بحث مبنية على المجتمع، وتبتدئ بمجتمع من الحلول العشوائية تسمى الجسيمات، وبخلاف التقنيات الأخرى لحسابات التطور البيولوجي، إذ إن كل جسيم في الخوارزمية ترافقه سرعة تتغير آلياً طبقاً لتصرفين، الأول هو التصرف الماضي للجسيم، والثاني هو تصرف الأفراد المجاورين في فضاء البحث، لذلك فالجسيم له نزعة لأن يطير بالاتجاه الأفضل ثم الأفضل في فضاء البحث أثناء سير عملية البحث بغية الوصول إلى الحل الأمثل. ولقد صممت خوارزمية أمثَلَة سرب الطيور بداية لمحاكاة بحث الطيور عن الطعام [3] [7].

بصورة عامة تستطيع خوارزمية أمثَلَة سرب الطيور تصغير أية دالة *f(x)*، إذ إن *x* تمثل متجه في فضاء متعدد الابعاد، وعموماً فإن سرعة الجسيم *n* وموقعه في السرب يتم حسابهما بوساطة المعادلة الآتية [7]:

$$V_{i+1}^n = w * V_i^n + c_1 * r_1(P_L^n - x_i^n) + c_2 * r_2(P_g - x_i^n) \qquad (1)$$

مع

$$x_{i+1}^n = x_i^n + V_{i+1}^n \qquad (2)$$

إذ إن w تمثل الممانعة لتغير السرعة السابقة (مرادفة للقصور الذاتي في الفيزياء) و V_i^n تمثل السرعة للجسيم n في التكرار i و P_L^n و تمثل أفضل موقع محلي زاره الجسيم n و P_g يمثل أفضل موقع تم إيجاده من بين المواقع المحلية و c_1 وc_2 يمثلان معاملات مكون الادراك ومكون المجتمع على التوالي و r_1 وr_2 يمثلان قيم عشوائية تتبع التوزيع المنتظم في الفترة [0,1]، كما أن x_i^n تمثل الموقع للجسيم n في التكرار i.

3. جدول الانتاج الرئيس *Master Production Schedule*

يعرف جدول الانتاج الرئيس *(MPS)* بأنه خطة تتضمن كشفاً بأنواع المنتجات أو العناصر النهائية المطلوب انتاجها، وكميات ومواعيد الانتاج، وبذلك فهو جدول زمني يبين عدد المنتجات أو العناصر النهائية التي يجب أن تنتج ومتى تنتج. إذ أن الخطة الرئيسة ليست توقعاً للمبيعات التي تمثل بياناً بالطلب فحسب، بل تأخذ بنظر الاعتبار الطلب والطلبات المَعلقة و توفر المواد ومستوى الخزين النهائي والقدرة المتاحة والسياسات الادارية والاهداف. وبشكل عام يعد جدول الانتاج الرئيس على اساس يومي أو اسبوعي أو شهري وهو يمثل تجزئة تفصيلية لخطة الانتاج الاجمالية (*Aggregate Production Plan*) [5]. وحسب تعريف الجمعية الامريكية للانتاج والسيطرة المخزونية *American Production and Inventory Control Society (APICS)* فإن جدول الانتاج الرئيس يعرف بأنه " جدول البناء المتوقع الذي يضم مجموعة من الخطط التي تقود خطة احتياجات المواد، إذ تمثل مخططات الشركة في تقديم وصف للاشكال الخاصة والكميات والمواعيد. إن جدول الانتاج الرئيس لا يمثل التنبؤ بالمبيعات التي تصف حالة الطلب فقط، ولكنه يأخذ بنظر الاعتبار التنبؤ وخطة الانتاج والاعتبارات المهمة الاخرى مثل المواد المتوفرة والطاقة المتوفرة وسياسة الانتاج وغيرها وبعبارة أخرى يمثل جدول الانتاج الرئيس وصفاً للطلب والتنبؤ والطلبيات المتراكمة والخزين المتوفر والكميات المتفق عليها [9].

1.3 النموذج الرياضي لجدول الانتاج الرئيس *Mathematical Model of MPS*

طبقاً لنموذج (*Soares*) [8] ونموذج (*Vieira*) [9] فإن جدول الانتاج الرئيس يمكن نمذجته رياضياً كمسألة برمجة عددية صحيحة مختلطة متعددة الاهداف وكالآتي:

K : يمثل العدد الكلي للمنتجات المختلفة.

R : يمثل العدد الكلي للمصادر المختلفة (خطوط انتاجية أو مكائن).

P : يمثل العدد الكلي لفترات التخطيط .

TH : يمثل أفق الخطة الاجمالي (المدة الزمنية للخطة).

OH_k : يمثل الخزين المتاح الابتدائي (في اليد) عند بداية فترة الجدولة.

GR_{kp} : يمثل الاحتياجات الاجمالية من المنتج k في الفترة p.

BS_{kpr} :يمثل حجم الدفعة الاساسية من المنتج k في الفترة p.

SS_{kp} : يمثل مستوى خزين الامان من المنتج k في الفترة p.

UR_{kr} :يمثل معدل الانتاج من المنتج k تبعاً للمصدر r (عدد الوحدات المنتجة لكل وحدة زمنية).

AC_{rp} : يمثل القدرة المتوفرة بالساعات بالنسبة للمصدر r في الفترة p.

أما متغيرات القرار لجدول الانتاج الرئيس (MPS) فهي :

BN_{kpr}: تمثل كمية الدفعات الاساسية المطلوبة للإنتاج من المنتج k والمصدر r في الفترة p.

MPS_{kpr} : تمثل الكمية الاجمالية الواجب تصنيعها من المنتج k والمصدر r في الفترة p.

$MPST_{kp}$: تمثل الكمية الاجمالية الواجب تصنيعها من المنتج k في الفترة p (مع الاخذ بعين الاعتبار جميع المصادر الممكنة).

CUH_{rp} : تمثل القدرة المستخدمة من المصدر r في الفترة p.

EI_{kp} : تمثل معدل الخزين المتكون في نهاية الفترة من المنتج k في الفترة p.

RNM_{kp} : تمثل الاحتياجات الاجمالية غير المتوفرة (مقدار العجز) من المنتج k في الفترة p.

BSS_{kp} : تمثل الكمية تحت مستوى خزين الامان من المنتج k في الفترة p.

OC_{rp} : تمثل الاحمال الاضافية المطلوبة من المنتج r في الفترة p (مقاسة بالساعات).

كما إن الاهداف الآتية يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار عند إنشاء جدول الانتاج الرئيس[5] [8]:

- مستوى معدل الخزين النهائي (EI) بالنسبة لجميع المنتجات والفترات:

$$min\ EI = \frac{\sum_{k=1}^{K}\sum_{p=1}^{P} EI_{kp}}{TH} \qquad (3)$$

- معدل الاحتياجات الاجمالية غير المتوفرة (RNM) بالنسبة لجميع المنتجات والفترات:

$$min\ RNM = \frac{\sum_{k=1}^{K}\sum_{p=1}^{P} RNM_{kp}}{TH} \qquad (4)$$

- معدل الكمية تحت مستوى الامان (BSS) بالنسبة لجميع المنتجات والفترات:

$$min\ BSS = \frac{\sum_{k=1}^{K}\sum_{p=1}^{P} BSS_{kp}}{TH} \qquad (5)$$

- معدل الاحمال الاضافية المطلوبة (OC) بالنسبة لجميع المصادر والفترات:

$$min\ OC = \sum_{r=1}^{R}\sum_{p=1}^{P} OC_{rp} \qquad (6)$$

$subject\ to$:

$$BI_{kp} = \begin{cases} OH_k & if (p = 1) \\ EI_{k(p-1)} & if (p > 1) \end{cases} \qquad (7)$$

$$EI_{kp} = max\left[0, \left(\left(MPST_{kp} + BI_{kp}\right) - GR_{kp}\right)\right] \qquad (8)$$

$$MPST_{kp} = \sum_{r=1}^{R} MPS_{kpr} \qquad (9)$$

$$MPS_{kpr} = BN_{kpr} * BS_{kpr} \qquad (10)$$

$$RNM_{kp} = max\left[0, \left(GR_{kp} - \left(MPST_{kp} + BI_{kp}\right)\right)\right] \qquad (11)$$

$$BSS_{kp} = \max\left[0, \left(SS_{kp} - EI_{kp}\right)\right] \qquad (12)$$

$$CUH_{rp} = \sum_{k=1}^{K} \frac{(MPS_{krp})}{UR_{kr}} \qquad (13)$$

$$CUH_{rp} \leq AC_{rp} \qquad (14)$$

$$OC_{rp} = max[0, (CUH_{rp} - AC_{rp})] \qquad (15)$$

4. استخدام خوارزمية أمثَلَة سرب الطيور لحل مسألة جدول الانتاج الرئيس

Using PSO for Solving MPS Problems

(1) **البيانات الأولية** (***Initial Data***): وهي قراءة لقيم المعلمات الاولية لمسألة جدول الانتاج الرئيس وتتضمن:

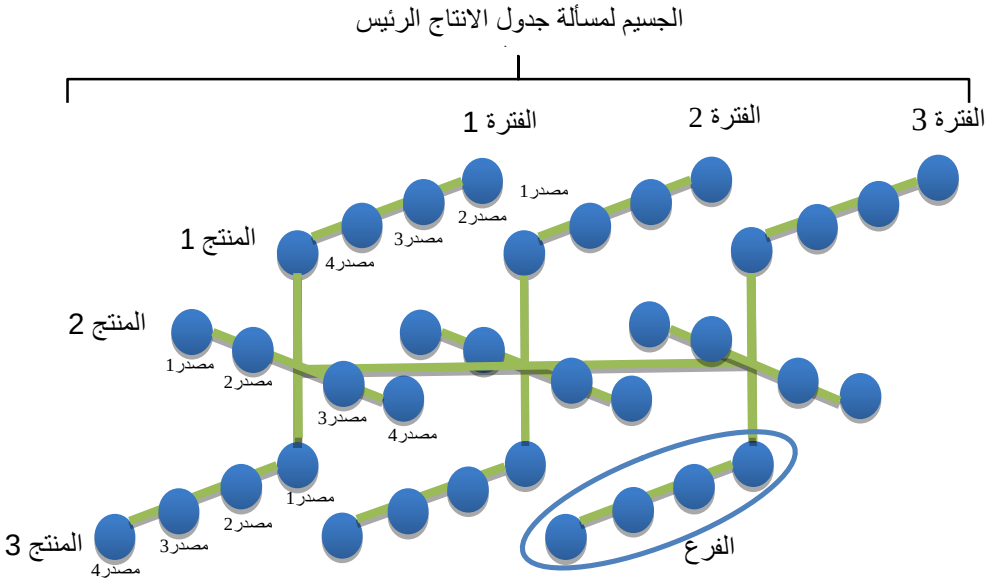
- عدد المنتجات (K) و عدد المصادر الانتاجية (R) و التي تشمل خطوط الانتاج.
- عدد الفترات الزمنية (P) ومدة كل فترة (السماح بفترات زمنية مختلفة).
- الخزين الابتدائي المتاح (OH) ويمثل كمية المنتجات في بداية التخطيط الزمني.
- الاحتياجات الاجمالية (GR) وتمثل الكمية المطلوبة من المنتجات لكل فترة زمنية ويقدر من التنبؤ وطلبات الزبائن.
- احجام الدفعات (BS) ويمثل احجام الدفعات القياسية من المنتجات لكل فترة زمنية.
- معدل الانتاج (UR) ويمثل كمية المنتج التي يستطيع المصدر تصنيعها في وحدة الوقت.
- القدرة المتاحة (AC) لكل مصدر في الفترة.

(2) **دالة الهدف** (***Objective Function***): لغرض ايجاد الحل الامثل لمسألة جدول الانتاج الرئيس تم استخدام طريقة معايرة أدنى - أعلى الموزونة $Weighted\ min-max\ Normalization\ Method$ ، والتي تقوم بمعايرة دوال الهدف لتصبح قيم كل منهم واقعة ضمن الفترة [0,1]، لذا فإن دالة الهدف الخاصة بمسألة جدول الانتاج ستصبح بالشكل الآتي [8]:

$$Min\ Z = c_1 * \frac{EI}{EI_{max}} + c_2 * \frac{RNM}{RNM_{max}} + c_3 * \frac{BSS}{BSS_{max}} + c_4 * OC \qquad (16)$$

إذ تستعمل c_1 وc_2 وc_3 وc_4 لغرض الاشارة إلى أهمية كل هدف من أهداف *MPS*، كما تمثل كل من EI_{max} وRNM_{max} وBSS_{max} الحد الأعلى لقيم الاهداف ذات الصلة، ويمكن حسابهم من المجتمع الابتدائي (قبل المعالجة) في خوارزمية أمثَلَة سرب الطيور.

(3) **تطوير تركيبة الجسيم (الكروموسوم)** (***Particle Structure Developed***): إن تركيبة وشكل الجسيم (الكروموسوم) في جدول الانتاج الرئيس يختلف في طريقة تمثيله عن باقي المسائل الأخرى، إذ يمتاز بتركيبة ثلاثية الابعاد بدلاً من بعد واحد كما في باقي المسائل الخاصة بالخوارزميات التطورية، والشكل (1) يوضح النموذج التصوري لتركيبة الجسيم في خول زمية أمثَلَة سرب الطيور لمسألة جدول الانتاج الرئيس بثلاثة منتجات و أربعة مصادر وثلاث فترات [4].



الشكل (1) تركيبة الجسيم لمسألة جدول الانتاج الرئيس (3,4,3).

إن التركيبة الموضحة في الشكل أعلاه تفترض أن الجسيم يمكن تمثيله باستخدام مجموعة من الاعداد الصحيحة الموجبة، إذ أن كل جسم كروي في التركيبة يمثل جين، ويمكن اعتباره كعدد صحيح موجب، إن المجموعة من الجينات تمثل الفرع والذي يمثل توزيع الكميات الواجب تصنيعها في مختلف المصادر المتاحة لمنتج معين في فترة زمنية معينة.

إن الجسيم لمسألة جدول الانتاج الرئيس عبارة عن مجموعة من تجمعات الفروع، كما إن طول هذه المجموعة يحدد بعدد الفترات الزمنية في الافق الزمني للخطة الرئيسة. وبشكل

عام فإن مجموعة الجسيمات ستشكل المجتمع الذي سيتطور وفقاً للخوارزمية للبحث عن أفضل جسيم (الحل الامثل).

(4) **إنشاء المجتمع الابتدائي (*Initial Population Creation*)**: إن حجم المجتمع (عدد الجسيمات) وطريقة انشاء الجيل الابتدائي لهما تأثير كبير في أداء الخوارزمية وفي نوعية النتائج، إذ أن المجتمع المثالي يجب أن يضمن أكبر تنوع ممكن للجسيمات (الحلول) في فضاء البحث (*Search Space*) ولإنشاء الجيل الابتدائي يتم استعمال الطريقة الحدسية الآتية:

يحتوي كل جسيم من الجسيمات على مجموعة من الجينات والتي يتم ملؤها بالتتابع مع الاخذ بنظر الاعتبار الحصول على أكبر قدر ممكن من التنوع، وطبقاً لحجم الدفعة، لنفترض حالة تكون فيها المتطلبات الاجمالية لمنتج ما في فترة زمنية معينة تمثل 2500 وحدة، وكان حجم الدفعة القياسي هو 500 وبافتراض وجود أربعة مصادر انتاجية متاحة لصنع المنتج، لذا ستكون الجينات للجسيم الأول في الفترة الأولى هي (500,0,1500,2000) وللجسيم الثاني ستكون (2000,2500,0,1000) وهكذا بالتتابع لجميع الجسيمات في المجتمع.

(5) **تطبيق اجراءات خوارزمية أمثَلَة سرب الطيور(*Apply PSO Procedures*)**: بعد انشاء مجتمع ابتدائي بحجم N_{pop} من الجسيمات سيتم تطبيق اجراءات خوارزمية أمثَلَة سرب الطيور، مع الاخذ بالحسبان إلى أن متجه السرعة يكون عدداً صحيحاً متوافقاً مع حجم الدفعة، وكالآتي [4]:

$$V_{i+1}^n = round\left(\frac{w * V_i^n + c_1 * r_1 (P_L^n - ind_i^n) + c_2 * r_2 (P_g - ind_i^n)}{BS}\right) * BS \quad (17)$$

5. إنشاء جدول الإنتاج الرئيس للشركة العامة للسمنت الشمالية

Create MPS for North Cement General Company

تعد الشركة العامة للسمنت الشمالية واحدة من أكبر شركات وزارة الصناعة والمعادن العراقية، وهي وحدة اقتصادية ممولة ذاتياً وتتمتع بالشخصية المعنوية والاستقلال المالي والإداري، وقد أسهمت الشركة بسد احتياجات المشاريع الكبرى كالجسور والمباني وسد

احتياجات مشروع سد الموصل بنوعين من السمنت وكذلك حملة إعمار مدينة الموصل، ونتيجة لنوعية السمنت العراقي الراقية فقد شق طريقه للتصدير إلى الأسواق العالمية.

تضم الشركة العامة للسمنت الشمالية ستة معامل وهي: معمل سمنت بادوش القديم، ومعمل سمنت بادوش الجديد، ومعمل سمنت بادوش التوسيع، ومعمل حمام العليل القديم، ومعمل حمام العليل الجديد، ومعمل سنجار، ولغرض إنشاء جدول الإنتاج الرئيس للشركة العامة للسمنت الشمالية يجب تحديد معلمات الإدخال، وعلى النحو الآتي:

الخطوة 1: تحديد المنتجات والمصادر الإنتاجية والافق الزمني

تم تحديد المنتجات التي تقوم الشركة بإنتاجها والتي تمثل السمنت البورتلاندي العادي والسمنت المقاوم، كما تم عدّ الطواحين الموجودة في المعامل مصادر إنتاجية ماعدا معمل سنجار لكون المعمل تم استثماره من شركة تركية في عام 2011، وتم تحديد الافق الزمني للجدول بمدة زمنية قدرها 6 أسابيع (شهر ونصف تقريبا) من 2013/1/1 ولغاية 2013/2/12.

الخطوة 2: تحديد الطاقات الإنتاجية للمصادر (معدلات الإنتاج)

تمثل الطاقة الإنتاجية الحد الأقصى لمقدار الإنتاج الذي باستطاعة المنظمة إنجازه، خلال فترة زمنية محددة، ويعدّ تحديد الطاقات للمصادر الإنتاجية من الامور المهمة في جدول الإنتاج الرئيس والجدول الآتي يوضح الطاقات الإنتاجية اليومية المتاحة للمصادر الإنتاجية في الشركة العامة للسمنت الشمالية.

الجدول (1) الطاقة الإنتاجية المتاحة للمصادر الإنتاجية حسب نوع المنتج (طن/يوم)

المصدر	الرمز	السمنت العادي	السمنت المقاوم
بادوش القديم 1	بق1	110	0
بادوش القديم 2	بق2	110	0
بادوش الجديد 1	بج1	740	0
بادوش الجديد 2	بج2	740	0
بادوش التوسيع 1	بت1	1100	0
بادوش التوسيع 2	بت2	1100	0
حمام القديم 1	حق1	0	75

حمام القديم 2	حق2	0	75
حمام الجديد	حج	950	0

إن الطاقات الإنتاجية المتاحة في الجدول أعلاه تمثل كمية الإنتاج المتحقق خلال مدة التشغيل ودون أي توقف ضمن ظروف العمل القائمة، لذا فعند بناء جدول الإنتاج الرئيس يجب الاخذ بالحسبان للتوقفات الحاصلة في المعامل باستخدام مؤشرات المُعَولية *Reliability* كالاتاحية *Availability* لغرض تحديد الطاقات الإنتاجية الحقيقية التي تراعي التوقفات والاعطال الحاصلة.

ولغرض حساب الإتاحية للخطوط الإنتاجية في الشركة العامة للسمنت الشمالية، تمت نمذجة الاعطال والتوقفات الحاصلة لمدة ثلاثة أشهر في المدة التي تسبق مدة جدول الإنتاج الرئيس (أي شهر تشرين الاول وتشرين الثاني وكانون الاول)، ويوضح الجدول (2) الإتاحية للخطوط الإنتاجية على افتراض أن معدل الفشل يتبع التوزيع الطبيعي *Normal Distribution*.

الجدول (2) الإتاحية للخطوط الإنتاجية

ت	المعمل	*MTBF(hour)*	*MTTR(hour)*	*Availability%*
1	بادوش القديم 1	5.44	18.55	22.68%
2	بادوش القديم 2	1.61	22.39	6.71%
3	بادوش الجديد 1	3.41	20.59	14.19%
4	بادوش الجديد 2	17.33	6.67	72.21%
5	بادوش التوسيع 1	12.29	11.71	51.23%
6	بادوش التوسيع 2	21.17	2.82	88.22%
7	حمام القديم 1	6.87	17.13	28.62%
8	حمام القديم 2	0.21	23.79	0.86%
9	حمام الجديد	3.07	20.93	12.79%

ويمكن توضيح الطاقة الإنتاجية الحقيقية للخطوط الإنتاجية بعد أخذ التوقفات الحاصلة في الخطوط الإنتاجية، وذلك من خلال حساب مقياس الإتاحية عبر الجدول (3).

الجدول (3) الطاقة الإنتاجية المتاحة للمعامل بعد حساب الإتاحية (طن/يوم)

المصدر	الرمز	السمنت العادي	السمنت المقاوم
بادوش القديم 1	بق1	24.95	0
بادوش القديم 2	بق2	7.38	0
بادوش الجديد 1	بج1	105.01	0
بادوش الجديد 2	بج2	534.33	0
بادوش التوسيع 1	بت1	563.48	0
بادوش التوسيع 2	بت2	970.41	0
حمام القديم 1	حق1	0	21.46
حمام القديم 2	حق2	0	0.64
حمام الجديد	حج	121.53	0

الخطوة 3: تحديد الاحتياجات الإجمالية

يهدف نشاط الإنتاج إلى توفير السلع والخدمات اللازمة للمستهلكين (الاحتياجات الإجمالية)، لذلك تعد عملية التنبؤ بالطلب الموجه الأساسي للنشاط الإنتاجي في المشاريع كافة. ولذا تم استخدام الشبكات العصبية للتنبؤ بالطلب على مادة السمنت بنوعيه العادي والمقاوم، إذ تم استخدام بيانات سلستين زمنيتين تمثلان كميات السمنت العادي والمقاوم الاسبوعية (بالاطنان) التي تم تجهيزها في الشركة العامة للسمنت الشمالية للمدة من 1/1/2012 ولغاية 31/12/2012 بمجموع مشاهدات يبلغ 52 مشاهدة لكل سلسلة، إذ إن الهدف هو التنبؤ بالطلب لستة اسابيع مقبلة (شهر ونصف تقريباً).

ولغرض التنبؤ تم استخدام شبكة عصبية متعددة الطبقات ذات انتشار أمامي - *multi layer feed forward neural network* وبطبقة مخفية واحدة واستخدام عقدة إخراج واحدة واستعمال تنبؤ أمامي متعدد الخطوات باستخدام إجراءات تكرارية.

وقد قسمت البيانات في كل سلسلة على مجموعتين: مجموعة التدريب ومجموعة الاختبار لغرض إجراء التجارب لتحديد عدد عقد الإدخال وعدد العقد المخفية للشبكة لاختيار أفضل بناء للشبكة، وتم اختيار عقد إدخال بتفاوت من 1-10 من العقد، مع عقد مخفية تتفاوت من 3-11 بزيادة مقدارها اثنتين، لذا فإن ما مجموعه 50 نموذجا للشبكة العصبية تم

اختباره لكل سلسلة قبل الوصول إلى التركيبة النهائية لنموذج الشبكة العصبية. وقد تم اختيار شبكة عصبية بخمس عقد إدخال وسبع عقد مخفية (5,7,1) بالنسبة للسمنت العادي. واختيار شبكة عصبية بثلاث عقد إدخال وخمس عقد مخفية(3,5,1) بالنسبة للسمنت المقاوم. كما تم استخدام دالة السيكمويد ثنائي القطبية ودالة التطابق كدوال تنشيط في الطبقة المخفية وطبقة الإخراج على التوالي.

ويوضح الجدول (4) الاحتياجات الإجمالية (السمنت العادي والمقاوم) التي تم الحصول عليها عبر التنبؤ باستخدام الشبكات العصبية.

الجدول (4) الاحتياجات الإجمالية التي تم الحصول عليها عبر التنبؤ

المنتج/الاسبوع	1	2	3	4	5	6
السمنت العادي	11835	15928	16051	9677	9872	17513
السمنت المقاوم	172.25	243.91	575.42	286.55	243.90	243.91
المجموع	12007.25	16171.91	16626.42	9963.55	10115.9	17756.91

الخطوة 4: تحديد المعلمات الأخرى لجدول الإنتاج الرئيس

بعد تحديد الطاقات المتاحة وتحديد الاحتياجات الإجمالية، يجب تحديد بقية المعلمات لغرض إنشاء جدول الإنتاج الرئيس مثل الخزين المتوفر في بداية الافق الزمني وخزين الأمان الواجب الاحتفاظ به عند نهاية المدة، فضلاً عن تحديد حجم الدفعة وكمية الخزين القصوى، ويوضح الجدول (5) هذه المعلمات.

الجدول (5) خزين الأمان والخزين الابتدائي وحجم الدفعة والخزين الأقصى لكل منتج

المنتج	خزين الأمان (طن)	الخزين الابتدائي (طن)	حجم الدفعة (طن)	الخزين الاقصى (طن)	عدد ايام العمل الاسبوعية
السمنت العادي	33000	34096	10	49500	7
السمنت المقاوم	2800	2856	10	3600	7

1.5 تكوين النموذج *Create Model*

لتكوين نموذج البرمجة الخطية متعددة الاهداف للشركة العامة للسمنت الشمالية، تم الأخذ بالحسبان للاهداف جميعها والمتمثلة بمعدل الخزين النهائي ومعدل العجز ومعدل الخزين تحت مستوى الأمان، أما بالنسبة لهدف معدل الوقت الإضافي فلا حاجة له بسبب عدم وجود ساعات إضافية، ويكفي وضع القيد التحديدي لضمان مناسبة الحل للوقت المتاح لكل مصدر من المصادر.

وباستخدام طريقة معايرة أدنى- أعلى الموزونة والمتمثلة في المعادلة (16)، وبعد حساب قيم EI_{max} وRNM_{max} وBSS_{max} من المجتمع الابتدائي (قبل المعالجة) في خوارزمية أمثَلَة سرب الطيور، وإعطاء اهمية متساوية لدوال الهدف مساوية للواحد أصبحت المعادلة (16) بالشكل الآتي:

$$Min\ Z = \frac{EI}{50000} + \frac{RNM}{1000} + \frac{BSS}{6000} \qquad (18)$$

وبحل الهدف الوحيد في المعادلة أعلاه باستخدام الخوارزمية المقترحة، فإن الحل الامثل لدوال الهدف لمسألة جدول الإنتاج الرئيس هي:

$$EI = 35588, RNM = 0, BSS = 448.9$$

كما أن الحل الامثل لجدول الإنتاج الرئيس (*MPS*) موضح في الجدول (6)، إذ تشير القيمة "0" إلى أنه لا توجد منتجات تصنع في المصدر صاحب العلاقة في الوقت الحالي.

6. مقارنة بين الخوارزمية الجينية وخوارزمية أمثَلَة سرب الطيور

Comparison Between GA and PSO

لغرض المقارنة بين الخوارزمية الجينية في المستخدمة في حل *MPS* وخوارزمية أمثَلَة سرب الطيور، تم استخدام التطبيق المحلّول من قبل *Soares* في عام 2008 [8] باستخدام الخوارزمية الجينية.

وللحصول على النتيجة النهائية، تمت مقارنة مقاييس الاداء للخوارزمية الجينية وخوارزمية أمثَلَة سرب الطيور وكما موضح في الجدول (7)، إذ إن الحل الناتج من الخوارزمية الجينية يمتلك مستويات عالية من الاهداف في حين يمتلك الحل الناتج من خوارزمية أمثَلَة سرب الطيور مستوى خزين أقل ومعدل متطلبات غير متوفرة أقل ومعدل الخزين تحت مستوى

الأمان أقل ووقت إضافي أقل. ومن الواضح بأن الخوارزمية الجينية غير قادرة على تخصيص الوقت الإضافي بشكل فعال بين المصادر الإنتاجية، إذ إنه بالرغم من كبر معدل مستوى الخزين النهائي إلا أن الساعات الإضافية بقيت عالية، ومن هنا نستنتج أن خوارزمية أمثَلَة سرب الطيور فعالة جداً في حل مسألة جدول الإنتاج الرئيس مقارنة بالخوارزمية الجينية.

الجدول (6) الحل الامثل لجدول الإنتاج الرئيس

المنتج	المصدر	الاسبوع					
		1	2	3	4	5	6
	بق1	0	70	170	140	30	150
	بق2	0	0	0	0	0	40
	بج1	0	20	720	10	0	730
السمنت	بج2	3220	3740	3740	1500	3630	110
العادي	بت1	3750	3720	3940	3640	0	3940
	بت2	3760	6790	6790	4390	6790	6790
	حق1	0	0	0	0	0	0
	حق2	0	0	0	0	0	0
	حج	0	850	0	850	0	850
	المجموع	10730	15190	15360	10530	10450	12610
	بق1	0	0	0	0	0	0
	بق2	0	0	0	0	0	0
	بج1	0	0	0	0	0	0
السمنت	بج2	0	0	0	0	0	0
المقاوم	بت1	0	0	0	0	0	0
	بت2	0	0	0	0	0	0
	حق1	150	150	150	150	150	150
	حق2	0	0	0	0	0	0
	حج	0	0	0	0	0	0
	المجموع	150	150	150	150	150	150

الجدول (7) مقارنة بين الحلول الناتجة من الخوارزمية الجينية و خوارزمية أمثَلَة سرب الطيور

الخوارزمية	*EI*	*RNM*	*BSS*	*OC*	*Z*
الخوارزمية الجينية	5228.5	985.7	585.7	4.33	6804.2
خوارزمية أمثَلَة سرب الطيور	4505.5	947.8	544.5	1.33	5999.1

7.الاستنتاجات: *Conclusions*

إن مسألة اعتماد جدول الإنتاج الرئيس في المجال الصناعي هو أمر بالغ الاهمية في الحفاظ على الموازنة بين الطلب والتجهيز بالنسبة للمشاريع الصناعية، إذ إن وضع جدول إنتاج رئيس بشكل اعتباطي دون الاخذ بالحسبان للمعايير جميعها، سيؤدي إلى إساءة استخدام الموارد المتاحة وبالتالي قد يحدث عجزاً في مستوى الخدمة أو زيادةً في تكاليف الخزين مما يؤدي إلى خسارة الشركة أو المؤسسة الصناعية، كما ان استخدام خوارزمية أمثَلَة سرب الطيور في حل مسائل جدول الانتاج الرئيس متعدد الاهداف أفضل مقارنة بالخوارزمية الجينية، إذ أظهرت النتائج تفوقها على الخوارزمية الجينية بصورة واضحة وفي الاهداف جميعها تقريباً.

المصادر *References*

1. الخياط ، باسل يونس وزكي ، عزة حازم .(2005)." **استخدام الشبكات العصبية في التكهن بالسلسلة الزمنية لاستهلاك الطاقة الكهربائية في مدينة الموصل** " ، المجلة العراقية للعلوم الإحصائية ، المجلد 5،العدد8 ،كلية علوم الحاسبات والرياضيات ، جامعة الموصل.
2. الفهادي، قبيس سعيدو الأتروشي، عقيلة مصطفى .(2006)،" **قياس المعولية والكفاءة المتاحة في خطوط الإنتاج أداة لتخطيط نشاطات الصيانة** " ، مجلة تنمية الرافدين، كلية الإدارة والاقتصاد ، جامعة الموصل.
3. المشهداني، محمد حامد.(2011)، " **التقصّي في التنقيب عن محتوى الشبكة العنكبوتية باستخدام خوارزمية أمثَلَة عناصر السرب (*PSO*)و أمثَلَة مستعمرة النمل(*ACO*)**"، رسالة ماجستير، كلية علوم الحاسوب والرياضيات، جامعة الموصل.

4. سلطان، جلال عبدالكريم.(2013)، "**تقنيات مهجنة مقترحة في حل مسائل البرمجة الخطية المضببة متعددة الاهداف**"، رسالة ماجستير، كلية علوم الحاسوب والرياضيات، جامعة الموصل.

5. محسن، عبدالكريم والنجار، صباح مجيد. (2006)، "**إدارة الإنتاج والعمليات**"، مكتبة الذاكرة، بغداد، العراق.

6. Bäck, T. (1996), ***"Evolutionary algorithms in theory and practice"***. New York: Oxford Univ. Press.

7. Kennedy J., Eberhart R., and Shi Y.,(2001) "***Swarm Intelligence***". New York: Morgan Kaufmann.

8. Soares, M. M., and Vieira, G. E. (2008), "***A New multi-objective optimization method for master production scheduling problems based on genetic algorithm***". *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 41, pp. 549-567.

9. Vieira, G. E., and Ribas, C. P., (2003), ***"A new multi-objective optimization method for master production scheduling problems using simulated annealing***". *International Journal of Production Research*, Vol.42, No. 21, pp.4609-4622.